

# CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE SOSTENIBLE ADAPTADA AL CAMBIO CLIMÁTICO

**ORTIZ, L. A.** Departamento de ingeniería civil Universidad Católica de Colombia  
e-mail: laortiz68@ucatolica.edu.co

**PINTO, D. J.** Departamento de ingeniería civil Universidad Católica de Colombia  
e-mail: djpintoo8@ucatolica.edu.co

## Resumen

Este artículo presenta diferentes técnicas de construcción sostenible con el fin de identificar técnicas que permitan la construcción de viviendas sismo resistentes, sostenibles y que se puedan adaptar al cambio climático para adaptarse al cambio climático.

La investigación consistió en realizar una recopilación de información que permitiera reconocer alternativas constructivas que facilitaran la construcción de viviendas adaptadas al cambio climático, sostenibles y que además fuesen sismo resistentes,

definiendo cual sería la más apropiada para cumplir con las anteriores exigencias.

Los resultados permitieron reconocer la técnica del bahareque en cementado como la más apropiada gracias a sus propiedades como lo son estabilidad, ligereza y flexibilidad en cuestión de sismo resistencia así como su aprovechamiento energético y benéficos al medio ambiente en el caso de la adaptación al cambio climático además de ser económico y de rápida construcción.

**Palabras claves:** reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, resiliencia de materiales constructivos, beneficios económicos.

## Abstract

This article presents different techniques of sustainable construction in order to identify techniques that allow the construction of earthquake resistant, sustainable and that can adapt to climate change to adapt to climate change.

The research consisted of a compilation of information that allowed to recognize constructive alternatives that would facilitate the construction of houses adapted to the climatic change, sustainable and that were also earthquake resistant, defining

which would be the most appropriate to meet the above requirements.

The results allowed to recognize the technique of bahareque in cementing as the most appropriate thanks to its properties such as stability, lightness and flexibility in

relation to earthquake resistance as well as its energy use and beneficial to the environment in the case of adaptation to climate change As well as being economical and quickly built.

**Key words:** reduction of CO2 emissions, resilience of construction materials, economic benefits

## Introducción

La construcción de vivienda sostenible se refiere al estudio de procesos y sistemas físicos sobre los que se organiza la vida humana. Con asiduidad y motivada por la nuevas exigencias formativas y de confort, la calidad de nuestras viviendas cobra cada vez más importancia asociada a criterios de ahorro energético. Dada las necesidades de abastecimiento de energías y el crecimiento de economías emergentes, es prioritario controlar y minimizar el consumo energético según el protocolo de Kioto. (Molina Huelva & Fernández Ans 2013)

El termino desarrollo sostenible fue definido en 1987 en el informe de la comisión mundial sobre el medio ambiente y el desarrollo, se caracteriza por ser la forma de atender las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de futuras generaciones para atender sus propias necesidades.

El sector formal para la construcción de vivienda para los países de América Latina ha iniciado no hace más tres décadas la construcción de viviendas, las cuales se plantean y diseñan sin tomar en cuenta las condiciones del terreno y los factores ambientales, y trayendo grandes

consecuencias medio ambientales, económicas y sociales.

El proceso de construcción sostenible presenta diferentes alternativas como lo son: la tierra, madera, el concreto, adobe, la tapia, bahareque, suelo-cemento, guadua y cartón reciclado; los cuales permiten ejecutar diseños de forma adecuada.

En el siglo XXI la sociedad humana se vio enfrentada a una serie de eventos meteorológicos asociados al cambio climático entre los que se produce, inundaciones, sequías, huracanes y tormentas cada vez más severas para los cuales se deben adoptar medidas que permitan prever las grande afectaciones a las que se ven sometidas las viviendas que se construyen actualmente, debido a estas amenazas climáticas se evidencia un incremento en daños estructurales y socioeconómicos; por esta razón se requiere que diferentes comunidades políticas y científicas abordan conjuntamente el desafío sin precedente a responder a un cambio acelerado del clima.

Anticipar los cambios y planificar en torno a ellos en infraestructura, agricultura, producción, vivienda y recursos renovables

es clave para reducir los riesgos asociados. En este sentido hay muchos traslapes con el desarrollo e intervenciones asociados con la invención de riesgos y la prevención de desastres. Por lo cual de gran importancia reconocer cuales son las alternativas que

podemos aplicar en construcciones sostenibles que permitan una efectiva adaptación al cambio climático reduciendo el impacto de los mismos en el territorio nacional.

## **Metodología**

El proyecto se desarrolló en tres fases

**Fase I: Búsqueda de información primaria y secundaria.** Se recopiló información de base de datos nacionales e internacionales que permitiera ampliar el concepto de estudio.

**Fase II: Análisis de información.**

➤Clasificación de información recopilada.

➤Se realizó un diagnóstico de los diferentes métodos constructivos, que favoreció la determinación del sistema más eficiente para la construcción sostenible.

**Fase II: Consultoría técnica.** Se realizó el acercamiento a personas con conocimiento y experiencia técnica en el tema a profundizar.

**CUADRO 1. TECNICAS DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE**

<b>TABLA COMPARATIVA DE TECNICAS DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE</b>		
<b>TECNICA CONSTRUCTIVA</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>LA TAPIA</b>	No presenta contracciones en el secado, construcciones con poca madera, buen comportamiento frente a incendios, homogeneidad del muro, mano de obra económica y se puede realizar sin revoque.	Se puede alterar con la lluvia y posibles fluidos absorbidos por el muro.
<b>LA MADERA</b>	Es un recurso natural y renovable, es aislante lo cual permite reducir la cantidad de energía para la climatización de espacios, fácil de trabajar y de durabilidad en el tiempo.	Es muy sensible al medio ambiente lo cual causa que reduzca y aumente su tamaño, combustible lo cual es riesgoso para las viviendas.
<b>EL CONCRETO</b>	Resiste grandes esfuerzos a tracción y compresión, es adaptable a conseguir diversas formas arquitectónicas, es dúctil y tiene resistencia al fuego	Se requieren materias primas no renovables, la extracción de estas se dan en minas a cielo abierto generando deterioro ambiental y emisiones de CO2 al ambiente.
<b>EL BAHAREQUE ENCEMENTADO</b>	Es resistente y eficiente, genera pocos residuos, de rápida construcción, confort térmico, sostenible y renovable, no daña el medio ambiente, economico, materiales de ecosistemas cercanos en abundancia y facilidad para resistir sismos.	La resistencia a fuerzas perpendiculares es muy baja.
<b>EL ADOBE</b>	Es económico, es aislante generando bajo consumo energético, es de fácil construcción, fácil de modificar	Se puede alterar con la lluvia y posibles fluidos absorbidos por el muro y no es adecuado para resistir sismos.

## Principios de construcción sismo resistente del bahareque

El manual de construcción sismo resistente del bahareque presenta los siguientes principios para garantizar que las viviendas se comporten de forma sismo resistente:

➤ **Forma regular.** La geometría de la edificación debe ser sencilla en elevación. Las formas complejas, irregulares o asimétricas causan un mal comportamiento cuando la edificación es sacudida por un sismo; una geometría irregular favorece que la estructura sufra torsión o que intente girar en forma desordenada. La falta de uniformidad facilita que en algunas esquinas se presenten intensas concentraciones de fuerza que pueden ser difíciles de resistir.

➤ **Mayor rigidez.** Es deseable que la estructura se deforme poco cuando se mueve ante la acción de un sismo. Las estructuras flexibles o poco solidas al deformarse exageradamente favorece que se presenten daños en paredes o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos e instalaciones que usualmente son elementos frágiles que no soportan mayores distorsiones.

➤ **Buena estabilidad.** Las edificaciones deben ser firmes y conservar el equilibrio cuando son sometidas a las vibraciones de un terremoto. Estructuras poco solidas e inestables se pueden volcar o deslizar en caso de una cimentación diferente. La falta de estabilidad y rigidez favorece que edificaciones vecinas se golpeen en forma perjudicial si no existe una suficiente separación ente ellas.

➤ **Suelo firme y buena cimentación.** La cimentación debe ser competente para transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo. También, es deseable que el material del suelo sea duro y resistente. Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación que pueden afectar la estructura y facilitar el daño en caso de sismo.

➤ **Bajo peso.** Entre más liviana sea la edificación menor será la fuerza que tendrá que soportar cuando ocurre un terremoto. Grandes masa o pesos se mueven con mayor severidad al ser sacudidas por un sismo y, por tanto la exigencia de la fuerza actuante será mayor severidad al ser sacudidas por un sismo y, por lo tanto, la exigencia es muy pesada, por ejemplo, esta se moverá como un péndulo invertido causando esfuerzos tensiones muy severas en los elementos sobre los cuales esta soportada.

➤ **Estructura apropiada.** Para que una edificación soporte un terremoto su escritura debe ser sólida, simétrica, uniforme, continua o bien conectada. Cambios bruscos de sus dimensiones, de su rigidez, falta de continuidad, una configuración estructural desordenada o voladizos excesivos facilitan la concentración de fuerzas nocivas, torsiones y deformaciones que pueden causar graves daños o el colapso de la edificación.

➤ **Materiales competentes.** Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la

energía que el sismo le otorga la edificación cuando se sacude. Materiales frágiles, poco resistentes, con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Muros o paredes de tapia de tierra o adobe, de ladrillo o bloque sin refuerzo, sin vigas y columnas, son muy peligrosos.

➤**Calidad de la construcción.** Se deben cumplir los requisitos de calidad y resistencia de los materiales y acatar las especificaciones de diseño y construcción. La falta de control de calidad en la construcción y la ausencia de supervisión técnica ha sido la causa de daños y colapsos de edificaciones que

aparentemente cumplen con otras características o principios de la sismo resistencia. Los sismos descubren los descuidos y errores que se hayan cometido al construir.

➤**Capacidad de disipar energía.** Una estructura debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil y tenaz se rompe fácilmente al iniciarse su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su rigidez y resistencia pierde su estabilidad y puede colapsar súbitamente.

➤**Fijación de acabados e instalaciones.** Los componentes no estructurales como tabiques divisorios, acabados arquitectónicos, fachadas, ventanas e instalaciones deben estar bien adheridos o conectados y no deben interaccionar con la estructura. Si no están bien conectados se desprenderán fácilmente en caso de un sismo<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: FOREC, 2014. p. 12-13

## Sistema de resistencia sísmica

Para garantizar un comportamiento adecuado de una vivienda individual o en conjunto, ante cargas verticales y horizontales se deben establecer unos parámetros según la NSR10.

➤Un conjunto de muros de rigidez, dispuestos a resistir ante los efectos sísmicos horizontales en las dos direcciones principales en planta. Se debe tener en cuenta sólo la rigidez en el propio plano de cada muro. Los muros estructurales sirven para transmitir las fuerzas paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación. Los muros de carga soportan su propio peso, las cargas verticales debido a la cubierta y a los entrepisos, si los hay. Los muros de rigidez solo atienden como carga vertical su propio peso.

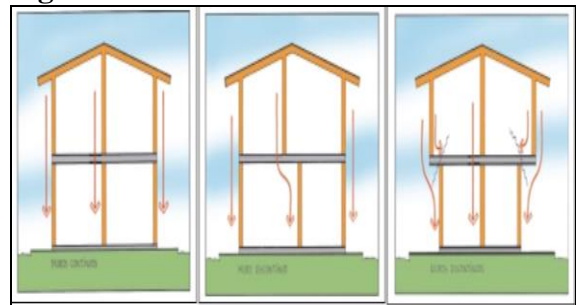
➤Un sistema de diafragmas que obligue al trabajo conjunto de los muros estructurales, mediante amarres que transmitan a cada muro la fuerza lateral que deba resistir. Los elementos de amarre para la acción de diafragma se deben ubicar dentro de la cubierta y los entrepisos.

➤Un sistema de cimentación que transmita el suelo las cargas derivadas de la función estructural de cada muro. El sistema de cimentación debe ser adecuado, de manera que se prevengan asentamientos diferentes inconvenientes. El conjunto de cimientos deben conformar un diafragma, para lo cual las cimentaciones independientes deben estar amarradas entre sí.

## Construcción vertical

Los muros de una estructura se consideran estructurales si cumplen con el objetivo de que sean continuos desde la cimentación hasta el diafragma superior que está conformado por la cubierta. El punto del diafragma en el que el muro pierde su continuidad vertical en más de la mitad de la longitud horizontal deja de considerarse como un muro estructural esta continuidad (véase la Figura 3).

**Figura 1. Muros Verticales**



Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: FOREC, 1998. p. 19.

## Regularidad en planta

Evitar la irregularidad en planta tanto geométrica como de rigidez es de gran importancia para que el sistema se considere de resistencia sísmica. Debe tener simetría respecto a dos ejes ortogonales para que se considere regular de esta forma se concederá mayor rigidez a la estructura

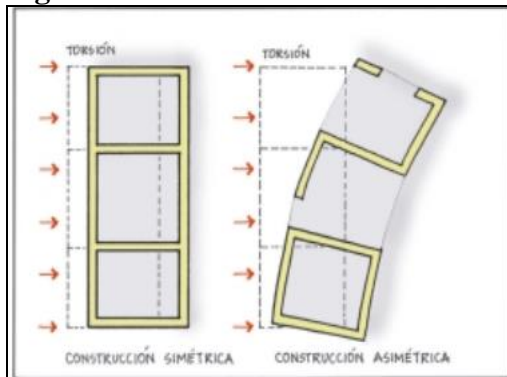
Los diafragmas de madera presentan cierta flexibilidad los cuales en plantas muy alargadas al ser sometidas a cargas laterales

pueden presentar grandes deformaciones en los puntos donde el diafragma este apoyado sobre muros y en el centro del diafragma sin importar que la planta diseñada sea simétrica por este motivo los muros que estén dispuestos para resistir cargas laterales no deben estar espaciados más de dos veces su longitud.

Estas recomendaciones de regularidad son indispensables para la construcción de viviendas sismo resistentes mientras más rígido y menos alargado sea el diafragma, las cargas se reparten más adecuadamente entre los muros

Si el diafragma es muy flexible o muy alargado, la carga se distribuye a cada muro de acuerdo con su área de influencia, sin importar su rigidez. Cuando no hay simetría en la estructura, se producen efectos de torsión sobre la estructura como un todo (véase la Figura 5).

**Figura 2. Torsión en Vivienda**



Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: FOREC, 1998. p. 20.

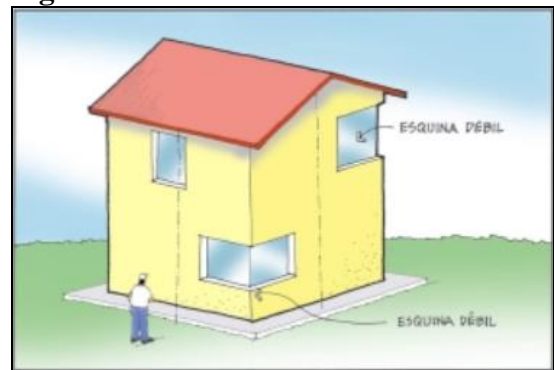
“Cuando los muros paralelos tienen diferente dimensiones ya sea de longitud, o

porque unos contengan aberturas que otros no tienen, la planta resulta asimétrica y puede ocurrir torsión excesiva, aun cuando la geometría de la estructura en planta sea regular. Las ventas colocadas en una sola esquina proveen dicha asimetría, además de constituirse en una zona débil para verticales”<sup>2</sup>.

### Regularidad en altura

Se debe evitar irregularidades verticales, ya sean geométricas como en rigidez. Cuando la estructura tenga forma irregular en altura, puede descomponerse en formas regulares aisladas y presentar situaciones como la del piso blando que sucede cuando hay un piso con menor rigidez que los otros en el caso de las viviendas como por lo general se presentan entre dos y tres pisos se deben evitar zonas débiles en altura, por asimetría en altura como se muestra a continuación (véase la Figura 7).

**Figura 3. Asimetría en Muros**



Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: FOREC, 1998. p. 20.

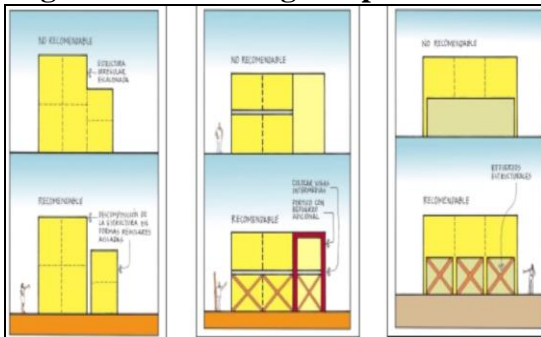
En algunos diseños de viviendas se presentan muros que son más largos que sus pares perimetrales y el diseño suele ser

<sup>2</sup> BEDOYA, Op. cit., p. 76



insuficiente para disminuir al máximo este efecto debe realizarse una configuración por muros considerados con sus pares cercanos otra alternativa es rigidizar los muros cortos hasta conseguir que su rigidez sea similar a la de sus pares y la resultante generada por ambos se presente cerca del centro de rigidez de la estructura en planta.

**Figura 4. Altura Regular para Viviendas**



Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: FOREC, 1998. p. 20.

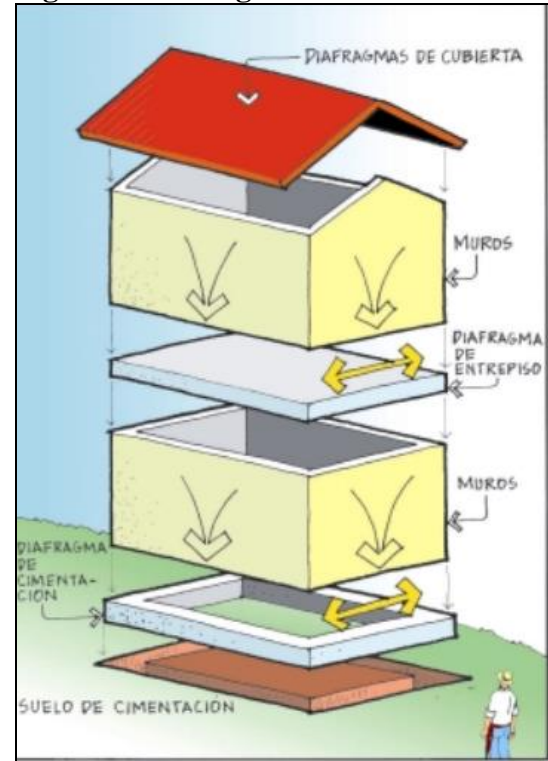
Todo lo antes sugerido como lo son la regularidad en planta y en altura son temas relevantes luego de garantizar efectividad en los amarres de los diafragmas ya que el trabajo en conjunto de los muros se ve afectado por la regularidad vertical y

### Acciones a realizar para la planificación de construcción de vivienda sostenible sismo resistente hacia el cambio climático

Para la construcción de viviendas sostenibles identificamos la facilidad de aplicar el sistema constructivo de bahareque en cementado y mejorar su eficiencia energética ya que el bahareque presenta un buen comportamiento frente a sismos y

horizontal de los muros estructurales (véase la Figura 8) para diafragmas.

**Figura 5. Diafragmas**



Fuente. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: FOREC, 1998. p. 17.

cambios del clima, siendo este sistema constructivo de fácil aplicación, que genera un bajo impacto ambiental y los buenos resultados energéticos que genera este sistema hemos identificado con la ayuda del Arquitecto Magister en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Especialista en Gerencia Empresarial Oscar G. Ocampo Cuervo una serie de acciones que se deben garantizar para que las viviendas que se

construyan con este sistema estén adaptadas a cambios climáticos que se puedan generar a lo largo de su vida útil.

### **Localización**

- Asegurar designaciones de riesgo de inundación.
- Averiguar sobre evaluaciones estratégicas de riesgo de inundaciones.
- Evaluar el riesgo de inundación y riesgo durante el ciclo de vida de un proyecto.
- Evaluar la viabilidad en términos de pólizas de seguros.
- Ayudar a reducir el efecto isla de calor.
- Considerar las implicancias de erosión costera.

### **Organización del sitio**

- Asegurar que no aumente el riesgo de inundación, reduciéndolo donde sea posible.
- Minimizar la acumulación solar en el verano.
- Maximizar la ventilación natural.
- Maximizar la vegetación natural.
- Tomar en cuenta el riesgo aumentando el hundimiento de tierra.

### **Vivienda- demostrar que la estructura**

- Puede resistir para un aumento de velocidades en el futuro.
- Evita movimiento debido al hundimiento de tierra en el futuro.
- Incorpora ventilación apropiada y técnicas de enfriamiento.
- Tiene una masa termal para el uso y ocupación esperada.
- Puede aguantar mayor intensidad pluvial en términos de sistemas de drenajes.

- Puede incorporar techos o paredes verdes.
- Reduce el aumento de calor en verano

➤ De mostrar que la estructura evita infiltración ante un momento de vientos y temperaturas

➤ Asegurar que los materiales pueden responder de forma adecuada durante el ciclo de vida de las viviendas

➤ Asegurar que los métodos de construcción utilizados sean adecuados para las condiciones de climas en el momento de la construcción

### **Ventilación y enfriamiento**

➤ Asegurar que la ventilación traiga aire libre de contaminación hacia las viviendas y no comprometa niveles de ruido o de seguridad.

➤ Demostrar que la vivienda tiene un sistema de ventilación para temperaturas cómodas.

➤ Sistema de ventilación y enfriamiento para usar la menor energía fósil posible por la incorporación de energía renovable y eficiencia energética.

### **Drenaje**

➤ Evaluación del sitio para identificar el sistema de drenaje sustentable más apropiado.

➤ Asegurar el cumplimiento con regulación sobre aguas subterráneas.

➤ Demostrar consideración para manutención del sistema.

➤Asegurar responsabilidades de  
manutención durante la fase planificación.

➤Considerar la permeabilidad de  
pavimentación donde sea posible.

➤Asegurar que el plan de drenaje lleve el  
los flujos en forma segura.

## **Agua**

➤Estimar el consumo neto de agua bajo uso  
normal y bajo condiciones de conservación  
de agua al inicio y durante el ciclo de vida  
del proyecto

➤Discutir infraestructura de saneamiento y  
capacidad de tratamiento con la empresa  
pertinente

➤Alcanzar una meta de uso de agua bajo  
condiciones normales de 30 m<sup>3</sup> por  
persona/año.

➤Minimizar uso de agua en viviendas,  
considerar el uso de recolección de agua  
lluvia y sistemas de reusó y contemplar el  
impacto ambiental, por consumo de agua,  
sobre productos, materiales y métodos de  
construcción.

## **Espacios abiertos**

➤Incorporar un rango apropiado de  
espacios públicos y privados en proyectos  
con sombra, vegetación y agua

## **Actividades a realizar para la debida implementación de esta técnica constructiva dentro de la comunidad.**

Para que el aporte de esta técnica de  
construcción repercuta favorablemente n la  
comunidad que se a ver beneficiada es  
necesario implementar estrategias para el  
adecuado uso de la misma como lo son:

➤Asegurar que el diseño de superficies  
tome en cuenta usos más intensivos,  
permeabilidad, potencial generación de  
polvo y erosión de suelos

➤Asegurar que la selección de vegetación  
de larga vida (sobre diez años) tome en  
cuenta el cambio climático

➤Asegurar que las intervenciones con agua  
tengan un uso neto mínimo del elemento

➤Proveer un sistema de recolección de agua  
lluvia/reciclaje de agua gris para riego de  
jardines y áreas de organización paisajística

➤Asegurar que haya provisión para  
almacenar residuos que faciliten separación  
y eviten olores excesivos en condiciones  
calurosas.

## **Conectividad**

➤Asegurar rutas de acceso fuera de riesgo  
de inundación, y que estén bien señalizadas.

➤Negociar con empresas de servicios y  
otros sobre la resiliencia de servicios e  
infraestructura hacia el desarrollo

➤Identificar impactos sobre vecinos  
inmediatos, impactos acumulativos y el  
aumento de demanda sobre servicios.

➤Implantar ayudas para que se pueda  
recuperar la degradación que se haya  
causado al medio ambiente por la  
recolección de plantación de Bahareque.

➤Educación a la comunidad por medio de  
diferentes estrategias para el apropiado uso  
de las viviendas sostenibles esto repercutirá

favorablemente en el tiempo de vida útil de la misma.

➤ Brindar información de forma adecuada a la comunidad que les permita reconocer las

### **Beneficios luego de la implementación de este método.**

➤ Los gastos de energía se verían respaldados por los paneles solares en lo que corresponde al consumo generado por electrodomésticos, donde se define que tanta energía promedio se gasta en un mes en una vivienda. Y de esta forma poder plantear costo de energía vs costo de la estructura; el beneficiado radica principalmente en que en 7 años retorna el valor de la vivienda y de ahí en adelante es un 70% de ganancia ya que el 30% restante es para mantenimiento y cambios de baterías en los paneles solares

características del bahareque y la seguridad del sistema constructivo luego de que se sigan los parámetros de seguridad que estipula la NSR-10.

hasta 25 años que es lo que dura este sistema.

➤ Aportes al medio ambiente luego de que las viviendas estén construidas ya que esta genera unos beneficios como lo es disminución en la emisión de dióxido de carbono al medio ambiente que se vean beneficiados económicamente en bonos de carbono.

➤ Se generan un trabajo de responsabilidad social al mitigar de gran manera el impacto ambiental.

### **Resultados**

➤ Se obtuvo una gran diversidad de técnicas que permiten construcción de viviendas sostenibles y que se pudieran adaptar al cambio climático pero poco de estas podrían resistir la ocurrencia de un sismo.

➤ El bahareque encementado fue definida como la técnica adecuada para construir viviendas sismo resistentes por su estabilidad, ligereza y flexibilidad.

➤ Se definió el bahareque encementado como una técnica sostenible por los pocos residuos que genera y su rápida construcción.

➤ El bahareque encementado tiene una adaptabilidad al cambio climático por su aprovechamiento energético ya que incorpora ventilación apropiada y técnicas de enfriamiento. Puede incorporar techos o paredes verdes y Reduce el aumento de calor en verano.

### **Conclusiones y discusión.**

➤ En el proceso de investigación de las diferentes alternativas constructivas, se determinó que el Bahareque encementado es el más viable por generar aprovechamiento energético, la facilidad de construcción y la resistencia ante eventos sísmicos. Además

que la Norma Sismo Resistente Colombiana considera que cumple con los parámetros adecuados para el proceso constructivo como lo muestra en su documento técnico.

➤ La construcción de vivienda sostenible en Bahareque en cementado no son sinónimo de subdesarrollo, por el contrario presenta la

facilidad de ser económicas e incluyente generando beneficios al medio ambiente y retribuyendo su costo en un aproximado de siete (7) años; presentando de esta forma mayores beneficios económicos a los de su costo inicial.

➤La ubicación y orientación de las viviendas son importantes elementos a la hora de enfrentar eventos de cambio climáticos, así como la debida adaptación de los momentos de calor y frío para un definitivo aprovechamiento energético además de la correcta iluminación y disposición de la energía solar.

➤Los cambios climáticos que se han generado en el país durante los últimos años han generado una alta y especial atención, que hacen necesaria la búsqueda de nuevas alternativas eficientes que permitan hacer frente a estos eventos de forma efectiva pero sin generar mayores daños ambientales y

➤Se puede analizar la posibilidad de implementar diferentes alternativas a la de los paneles solares para la producción de energía propia de cada vivienda que sean asequibles para las comunidades de bajos recursos obteniendo los mismos beneficios.

➤Implementar dentro de los programas de análisis estructurales sismo resistente el material del bahareque en cementado para las viviendas que faciliten la adecuada construcción por medio de esta técnica y el

evaluando la forma de favorecer al medio ambiente; lo cual hace evidente la falta de planificación que se tiene en muchas áreas de ingeniería nacional y en consecuencia la poca capacidad de reacción frente a circunstancias que no se han experimentado en otro momento de la historia poniendo en riesgo la vida y salud humana.

➤Es necesaria la identificación y caracterización de materiales que se van a utilizar en la compra e instalación de paneles solares para la eficacia de las viviendas sostenibles en busca de definir la efectiva sostenibilidad y después definir los costos ocultos generados por tales proyectos como lo son de responsabilidad social al educar las comunidades en el aprovechamiento de estos proyectos sostenibles y responsables en salud y entorno, además de los costos ambientales al dejar de existir dióxido de carbono para poder traducirlo en bombas de carbono.

análisis de resistencia ante los esfuerzos a los que sería sometido.

➤Proponer electivas dentro de los programas institucionales que capaciten técnicamente en la forma de construcción con bahareque en cementado para que más adelante los profesionales en la materia puedan brindar este conocimiento a la mano de obra calificada que se encargue de realizar el mismo.

## BIBLIOGRAFÍA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado. Bogotá: FOREC, 2014. 69 p.

BARTON, Jonathan R. Adaptación al cambio climático en la planificación de ciudades-Regiones. En: Revista de Geografía Norte Grande. Enero – abril, 2009. no. 43.

BEDOYA, Carlos Mauricio. Construcción Sostenible para volver al camino. Bogotá: Biblioteca Jurídica Diké, 2011. 160 p.

CÁMARA COLOMBIANA DE LA CONSTRUCCIÓN CAMACOL. Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Bogotá: CAMACOL, 2013. 89 p.

FUENTES AGUILAR, Cristian y NAVARRO, Júlía Marcó. Proyecto de viviendas de interés social en bahareque encementado para el municipio de Villamaría, Colombia. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya, 2013. p. 20.

GARCÍA RODRÍGUEZ, Salvador; CAMPOY, Miguel Davis; CAMPOS CANTU, Eva y LEYVA ORIHUELA, Elizabeth. Propuesta de modelo integral de evaluación sostenible de la vivienda social en México. En: Ambiente Construido. Octubre – diciembre, 2015. vol. 15, no. 4.

HERNÁNDEZ CASTRO, Nieves Lucely. La sostenibilidad en el desarrollo de la vivienda informal. análisis a partir del estudio del hábitat del barrio Puerta al

Llano. En: Tabula Rasa. Enero – junio, 2006. no.4.

MOLINA HUELVA, M. y FERNÁNDEZ ANS, P. Evolución del comportamiento térmico en viviendas tradicionales de piedra y cubierta de paja. Puesta en valor de un modelo sostenible en el noroeste de España. En: Revista de la Construcción. Enero – agosto, 2013. vol. 12, no. 2.

OLAYA, Luisa; RUBIO, Diego; RUIZ, Daniel y TORRES, Andrés. Evaluación del comportamiento sísmico de viviendas de estratos marginales con cubiertas verdes: estudio de caso del municipio de Soacha, Colombia. En: Revista Ingeniería de Construcción. Abril – mayo, 2014. vol 29, no. 1.

QUINTERO ÁNGEL, Mauricio; CARVAJAL ESCOBAR, Yesid y ALDUNCE, Paulina. Adaptación a la variabilidad y el cambio climático: intersecciones con la gestión del riesgo. En: Luna Azul. Enero – junio, 2012. no. 34. RODRÍGUEZ, Fernando y FERNÁNDEZ, Gonzalo. Ingeniería sostenible: nuevos objetivos en los proyectos de Construcción. En: Revista Ingeniería de Construcción. Agosto – septiembre, 2010. vol. 25, no. 2.

TORRES TOVAR, Carlos Alberto y VARGAS MORENO, Johanna Eloísa. Vivienda para población desplazada en Colombia. Recomendaciones para la Política Pública y Exigibilidad del Derecho. En: Revista INVI. Agosto – septiembre, 2009. vol.24, no.66.